

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2003-45785
(P2003-45785A)

(43) 公開日 平成15年2月14日 (2003.2.14)

(51) IntCl. ⁷	識別記号	F I	ターミナル (参考)
H 0 1 L 21/027		G 0 3 F 7/20	5 2 1 5 F 0 4 6
G 0 3 F 7/20	5 2 1	H 0 1 L 21/30	5 1 6 B
			5 1 8

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2001-233216(P2001-233216)

(22) 出願日 平成13年8月1日 (2001.8.1)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 西 健爾

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(74) 代理人 100102901

弁理士 立石 篤司

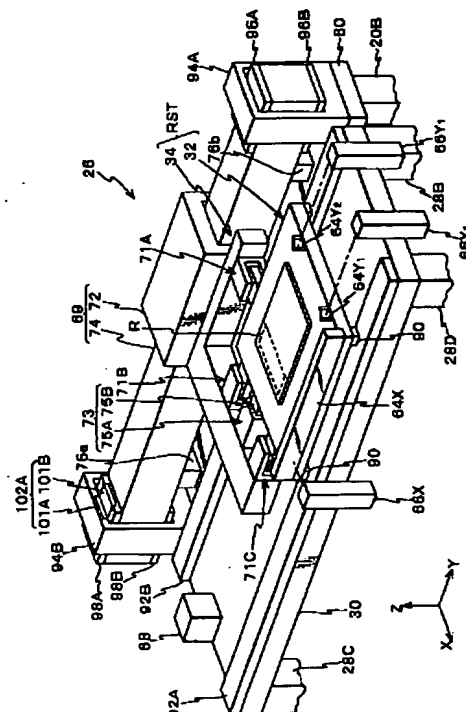
Fターム(参考) 5F046 BA05 CC01 CC02 CC13 CC16
CC19

(54) 【発明の名称】 ステージ装置及び露光装置、並びにデバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】 高効率なステージ駆動を実現する。

【解決手段】 粗動ステージ34がリニアモータ69により加速（及び減速）されるときに、ガスフロー装置73から微動ステージ32に対して加速（減速）方向の推力を与えることで、微動ステージに作用する粗動ステージの駆動による反力を抑制する。これにより微動ステージを駆動するボイスコイルモータ71A～71Cが従来のボイスコイルモータのような大きな推力を発生しなくても両ステージを所定の位置関係に維持することができる。すなわちボイスコイルモータは微動ステージを僅かに駆動する推力のみを発生すれば良いので、従来のボイスコイルモータ等と比べ、要求される推力は非常に小さい。従って、粗動ステージを高加速度化する場合であっても、ボイスコイルモータの小型化ひいてはステージ全体の小型、軽量化が可能で、効率的なステージ駆動が可能である。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 所定の移動面に沿って第 1 軸方向に移動可能な第 1 ステージと；前記第 1 ステージを前記第 1 軸方向に駆動する第 1 駆動装置と；前記第 1 ステージの一部が接続され、物体が載置される第 2 ステージを少なくとも前記第 1 軸方向に駆動する第 2 駆動装置と；前記第 1 ステージの加速時と減速時との少なくとも一方の間に、前記第 2 ステージに対して前記第 1 軸方向に沿った推力を発生する推力発生装置と；を備えることを特徴とするステージ装置。

【請求項 2】 前記第 1 ステージを移動させている間に、前記第 2 駆動装置と前記推力発生装置とを併用して前記第 2 ステージを駆動する駆動制御装置を、備えることを特徴とする請求項 1 に記載のステージ装置。

【請求項 3】 前記推力発生装置は、前記第 2 ステージの重心点にその推力の作用点が設定されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のステージ装置。

【請求項 4】 前記推力発生装置は、前記第 2 ステージに接続された第 1 部材と、前記第 1 ステージに接続され前記第 1 軸方向に所定間隔を隔てて配置された一对の第 2 部材とを有し、前記第 1 部材と前記一对の第 2 部材の一方とにより前記推力を発生することを特徴とする請求項 1～3 のいずれか一項に記載のステージ装置。

【請求項 5】 前記第 2 ステージは、前記第 1 ステージの加速開始時に前記第 1 ステージの移動方向に関してオフセットされて位置決めされていることを特徴とする請求項 1～4 のいずれか一項に記載のステージ装置。

【請求項 6】 前記第 1 部材及び前記一对の第 2 部材の一方が、他方の部材の対向面に加圧気体を噴出する気体噴出機構を有することを特徴とする請求項 4 又は 5 に記載のステージ装置。

【請求項 7】 前記第 1 部材及び前記一对の第 2 部材の一方が、電磁石を有する電磁石ユニットであり、他方が前記電磁石ユニットが発生する磁氣的吸引力によって吸引される磁性体を有する磁性体ユニットであることを特徴とする請求項 4 又は 5 に記載のステージ装置。

【請求項 8】 マスクと基板とを同期移動して前記マスクのパターンを前記基板上に転写する露光装置であって、前記物体として前記マスク及び前記基板の一方が前記第 2 ステージに載置される請求項 1～7 のいずれか一項に記載のステージ装置と；前記マスク及び基板の他方が載置される第 3 ステージと；前記パターンの転写に際して、前記マスクと前記基板とが並行して前記第 1 軸方向に関して加速状態、等速同期移動状態、及び減速状態に順次遷移するように、前記ステージ装置と前記第 3 ステージとを制御する制御装置と；を備えることを特徴とする露光装置。

【請求項 9】 前記第 2 ステージの前記第 1 軸方向の位置を計測する位置計測装置を更に備え、

前記制御装置は、前記位置計測装置の出力と制御目標値とに基づいて、前記推力発生装置の発生推力及び前記第 2 駆動装置の前記第 1 軸方向の発生推力の重みを変化させることを特徴とする請求項 8 に記載の露光装置。

【請求項 10】 前記第 1 ステージと前記第 2 ステージとの間隔を計測する間隔計測センサを更に備え、前記制御装置は、前記間隔計測センサの出力と制御目標値とに基づいて、前記推力発生装置の発生推力及び前記第 2 駆動装置の前記第 1 軸方向の発生推力の重みを変化させることを特徴とする請求項 8 に記載の露光装置。

【請求項 11】 リソグラフィ工程を含むデバイス製造方法であって、

前記リソグラフィ工程において、請求項 8～10 のいずれか一項に記載の露光装置を用いて露光を行うことを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ステージ装置及び露光装置、並びにデバイス製造方法に係り、さらに詳しくは、マスクと基板とを同期移動してマスクのパターンを基板上に転写する走査型露光装置に用いて好適なステージ装置及び該ステージ装置を備える露光装置、並びに該露光装置を用いるデバイス製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体素子、液晶表示素子等を製造するリソグラフィ工程では、近時における半導体素子等の高集積化、ウエハ等の基板やマスクあるいはレチクル（以下、「レチクル」と総称する）の大型化などに伴い、レチクルと基板とを所定の走査方向（スキャン方向）に沿って同期移動しつつ、レチクルのパターンを投影光学系を介して基板上に逐次転写する、ステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置（いわゆるスキヤニング・ステップ）などの走査型露光装置が、今や主流となりつつある。

【0003】走査型露光装置では、基板（ウエハ）を駆動する基板側のステージ装置に加え、レチクル側にも、レチクルを駆動するステージ装置が必要である。最近の走査型露光装置では、リニアモータによって走査方向に所定ストローク範囲で駆動されるレチクル粗動ステージと、該レチクル粗動ステージに対して、スキャン方向及び非スキャン方向及びヨーイング方向にボイスコイルモータ等によって微小駆動されるレチクル微動ステージとを有する粗微動構造のレチクルステージ装置が比較的多く用いられている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】最近、半導体露光装置に対する高スループット化の要求は、ますます厳しくなり、これに対応するためにはレチクルステージや基板ステージの更なる高加速度化が必要である。

【0005】しかるに、例えばレチクル微動ステージを

レチクル粗動ステージに対して前述のボイスコイルモータを用いて駆動する場合には、レチクル粗動ステージの高加速時（減速時を含む）にレチクル微動ステージに対して作用する反力に耐える推力をボイスコイルモータで発生する必要がある。このため、ボイスコイルモータを大型化する必要があり、ボイスコイルモータ自体の重量増加、ひいてはレチクル微動ステージ、レチクルステージ全体の重量が必然的に大きくなってしまっていた。この結果、最近では、レチクルステージ（レチクル粗動ステージ及びボイスコイルモータ等の全体）を駆動するリニアモータの消費電力が非常に大きくなっており、許容できない状況となりつつある。

【0006】また、軽量化の観点からレチクル微動ステージを電磁石と鉄板等の磁性体部材から成る機構を用いて制御する制御方法も提案されているが、制御ストロークが小さく、またその制御も難しい。

【0007】本発明は、かかる従来技術の有する不都合に鑑みてなされたものであり、その第1の目的は、小型軽量化及び消費電力の低減を同時に実現することができるステージ装置を提供することにある。

【0008】本発明の第2の目的は、露光の際のスループットの向上を図ることができる露光装置を提供することにある。

【0009】本発明の第3の目的は、微細パターンが形成された高集積度のマイクロデバイスの生産性を向上することが可能なデバイス製造方法を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、所定の移動面に沿って第1軸方向に移動可能な第1ステージ（34）と；前記第1ステージを前記第1軸方向に駆動する第1駆動装置（69）と；前記第1ステージに一部が接続され、物体（R）が載置される第2ステージ（32）を少なくとも前記第1軸方向に駆動する第2駆動装置（71A～71C）と；前記第1ステージの加速時と減速時との少なくとも一方の間に、前記第2ステージに対して前記第1軸方向に沿った推力を発生する推力発生装置（73, 73'）と；を備えるステージ装置である。

【0011】これによれば、第1ステージは第1駆動装置により、所定の移動面に沿って第1軸方向に駆動可能であり、また、物体が載置される第2ステージは、第1ステージにその一部が接続された第2駆動装置により、少なくとも第1軸方向に駆動可能である。さらに、第1ステージの加速時と減速時との少なくとも一方の間に、第2ステージに対して第1軸方向に沿った推力を発生する推力発生装置を備えている。このため、第1駆動装置による第1ステージの加速時（及び減速時）にはその第1ステージの駆動による反力が第2ステージに作用するが、推力発生装置により第2ステージに対して反力を抑

制する前記第1軸方向に沿った推力を発生することにより、第2ステージと第1ステージとを所定の位置関係に維持することが可能である。このため、第2駆動装置には、従来のボイスコイルモータのように反力の作用を抑制できるだけの大きな推力の発生は必要とされず、第2ステージを所定の位置関係から僅かに第1軸方向に駆動する推力の発生が必要とされるのみである。従って、従来のボイスコイルモータ等に比べて第2駆動装置に要求される推力は小さいので、物体を高加速度で駆動するため第1ステージを高加速度化する場合においても、第2駆動装置の小型化、ひいてはステージ全体の小型、軽量化が可能となり、第1駆動装置の消費電力の低減が可能となる。

【0012】この場合において、請求項2に記載のステージ装置の如く、前記第1ステージを移動させている間に、前記第2駆動装置と前記推力発生装置とを併用して前記第2ステージを駆動する駆動制御装置（99）を備えることとすることができる。

【0013】また、上記請求項1及び2に記載の各ステージ装置において、請求項3に記載のステージ装置の如く、前記推力発生装置は、前記第2ステージの重心点にその推力の作用点が設定されていることとすることができる。

【0014】上記請求項1～3に記載の各ステージ装置において、請求項4に記載のステージ装置の如く、前記推力発生装置は、前記第2ステージに接続された第1部材（81, 81'）と、前記第1ステージに接続され、前記第1軸方向に所定間隔を隔てて配置された一对の第2部材（79A, 79B, 79A', 79B'）とを有し、前記第1部材と前記一对の第2部材の一方とにより前記推力を発生することとすることができる。

【0015】この場合において、請求項5に記載のステージ装置の如く、前記第2ステージは、前記第1ステージの加速開始時に前記第1ステージの移動方向に関してオフセットされて位置決めされていることとすることができる。

【0016】上記請求項4及び5に記載の各ステージ装置において、推力発生装置としては様々な機構を採用することができるが、請求項6に記載のステージ装置の如く、前記第1部材及び前記一对の第2部材の一方が、他方の部材の対向面に加圧気体を噴出する気体噴出機構（79A, 79B）を有することとしても良いし、請求項7に記載のステージ装置の如く、前記第1部材及び前記一对の第2部材の一方が、電磁石（79A', 79B'）を有する電磁石ユニット（75A'）であり、他方が前記電磁石ユニットが発生する磁氣的吸引力によって吸引される磁性体（81'）を有する磁性体ユニット（75B'）であることとしても良い。

【0017】請求項8に記載の発明は、マスク（R）と基板（W1, W2）とを同期移動して前記マスクのパタ

ーンを前記基板上に転写する露光装置であって、前記物体として前記マスク及び前記基板の一方が前記第2ステージに載置される請求項1～7のいずれか一項に記載のステージ装置と；前記マスク及び基板の他方が載置される第3ステージ（WST1、WST2）と；前記パターンの転写に際して、前記マスクと前記基板とが並行して前記第1軸方向に関して加速状態、等速同期移動状態、及び減速状態に順次遷移するように、前記ステージ装置と前記第3ステージとを制御する制御装置と；を備えることを特徴とする露光装置である。

【0018】これによれば、マスクのパターンを基板上に転写するに際し、制御装置により、マスクと基板とが並行して第1軸方向に関して加速状態、等速同期移動状態、及び減速状態に順次遷移するように、物体としてマスク及び基板の一方が第2ステージに載置される請求項1～7のいずれか一項に記載のステージ装置と、マスク及び基板の他方が載置される第3ステージとが制御される。このため、走査露光方式によりマスクのパターンを基板上に転写することができる。ここで、請求項1～7に記載の各ステージ装置では、第2ステージに載置される物体（マスク及び基板の一方）を第1ステージを介して高加速度で駆動する場合においても、第2駆動装置の小型化、ひいてはステージ装置全体の小型、軽量化が可能となり、第1駆動装置の消費電力の低減が可能となる。従って、無理なく第1ステージの高加速度化を実現できるので、走査露光時間の短縮によるスループットの向上が可能となる。また、ステージ装置全体の小型化により物体の位置制御性の向上が期待され、結果的にマスクと基板との位置合わせ精度の向上による露光精度の向上も期待される。

【0019】この場合において、請求項9に記載の露光装置の如く、前記第2ステージの前記第1軸方向の位置を計測する位置計測装置（66X、66Y₁、66Y₂）を更に備え、前記制御装置は、前記位置計測装置の出力と制御目標値とに基づいて、前記推力発生装置の発生推力及び前記第2駆動装置の前記第1軸方向の発生推力の重みを変化させることとしても良い。あるいは、請求項10に記載の露光装置の如く、前記第1ステージと前記第2ステージとの間隔を計測する間隔計測センサを更に備え、前記制御装置は、前記間隔計測センサの出力と制御目標値とに基づいて、前記推力発生装置の発生推力及び前記第2駆動装置の前記第1軸方向の発生推力の重みを変化させることとしても良い。

【0020】請求項11に記載の発明は、リソグラフィ工程を含むデバイス製造方法であって、前記リソグラフィ工程において、請求項8～10のいずれか一項に記載の露光装置を用いて露光を行うことを特徴とする。

【0021】

【発明の実施の形態】《第1の実施形態》以下、本発明の第1の実施形態を図1～図7に基づいて説明する。図

1には、第1の実施形態に係る露光装置10の構成が一部断面して概略的に示されている。

【0022】露光装置10は、マスク（物体）としてのレチクルRと基板としてのウエハW1、W2とを一次元方向（ここでは、図1における紙面内左右方向であるY軸方向とする）に同期移動しつつ、レチクルRに形成された回路パターンを投影光学系PLを介してウエハW1（又はW2）上の各ショット領域に転写する、ステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置、すなわちいわゆるスキャニング・ステッパである。

【0023】露光装置10は、クリーンルームの床面F上に配置された露光用光源（以下、単に「光源」と呼ぶ）11、該光源11のY軸方向一侧（－Y側）に配置された露光装置本体10A、光源11と露光装置本体10Aを構成する照明光学系IOPとを接続する引き回し光学系、該露光装置本体10Aの－Y側に隣接して配置されたロードチャンバ57、及びロードチャンバ57と接続され、露光装置本体10Aの＋X側（図1における紙面手前側）に配置されたウエハロードチャンバ61（図1中に仮想線で示されている）等を備えている。

ここで、引き回し光学系の内部には、ビーム・マッチング・ユニット（BMU）と呼ばれる光軸調整用の光学系が収容されているので、以下においては引き回し光学系を「引き回し光学系BMU」と記述するものとする。

【0024】前記光源11としては、例えばKrFエキシマレーザ（波長248nm）やArFエキシマレーザ（波長193nm）、あるいはF₂レーザ（波長157nm）等のパルス紫外光を出力するパルスレーザ光源が用いられる。この光源11には、光源制御装置107

（図1では不図示、図5参照）が接続されており、主制御装置99（図1では不図示、図5参照）からの指示の下、光源制御装置107によって光源11から射出されるパルス紫外光の発振中心波長の制御、パルス発振のトリガ制御、レーザチャンバ内のガスの制御等が行われるようになっている。

【0025】前記引き回し光学系BMUは、本実施形態では、図1からも明らかなように、床上配置となっているが、床面F下方の床下にその大部分を配置することも可能である。

【0026】ロードチャンバ57は、筐体157と、該筐体157内の下半部に設けられた不図示のウエハ受け渡し部と、筐体157内の上半部に設けられた不図示のレチクルロード系とを備えている。

【0027】筐体157内の前記ウエハ受け渡し部では、前述したウエハロード部61内の不図示のウエハロードとの間でウエハの授受が行われる。また、ウエハロードは、露光装置本体10A内の後述するウエハステージWST1、WST2との間でウエハの授受を行う。

【0028】一方、筐体157内の前記レチクルロード系は、ロードチャンバ57とレチクルステージRSTと

の間に設けられた不図示のレチクル回転受け渡し部を介して、レチクルステージRSTへのレチクルのロード及びレチクルのアンロードを行う。

【0029】ローダチャンバ57の-Y側（ウエハローダ部61と反対側）の下端部には、インタフェース部31が設けられている。このインタフェース部31には、ウエハ搬送系がその内部に収容されており、不図示のコータ・デベロッパ（C/D）とローダチャンバ57内の前記ウエハ受け渡し部との間のウエハの搬送を行う。

【0030】露光装置本体10Aは、光源11からの照明光によりレチクルRを照明する照明光学系IOP、レチクルRを保持するレチクルステージRST、レチクルRから射出される照明光ILをウエハW1、W2上に投射する投影光学系PL、ウエハW1、W2をそれぞれ保持する第3ステージとしてのウエハステージWST1、WST2、及びレチクルステージRST及びウエハステージWST1、WST2をそれぞれ移動可能に支持するとともに、投影光学系PL等を保持する本体コラムBD等を備えている。

【0031】前記照明光学系IOPは、床面F上に設置されたベースプレートBPの+Y側端部の上面に設けられた上下方向（Z軸方向）に延びる第1照明ユニット44と、該第1照明ユニット44の上方にほぼ水平に配設された第2照明ユニット46とを備えている。

【0032】前記第1照明ユニット44は、第1照明ハウジング160と、この内部に所定の位置関係で配置されたビーム整形光学系、照度分布均一化用のオプティカル・インテグレータ（ユニフォマイザ、又はホモジナイザ）、光量モニタ、可変開口絞り、及びリレーレンズ系等（いずれも不図示）から成る第1部分照明光学系とを備えている。この第1部分照明光学系の射出面は、レチクルRのパターン面（以下、適宜「レチクル面」とも呼ぶ）とほぼ共役であり、この射出面には可動レチクルブラインド48が配置され、該可動レチクルブラインド48の入射面側の近傍の面（レチクル面との共役面から僅かにデフォーカスした面）に、照明領域での照度分布を補正するための照度分布補正フィルタ50が配置されている。

【0033】前記可動レチクルブラインド48は、ウエハ上の各ショット領域への走査露光の開始時及び終了時に主制御装置99（図5参照）の指示の下、ブラインド駆動装置105（図1では不図示、図5参照）により開閉制御され、照明領域を更に制限することにより、回路パターンが形成されたパターン領域以外の余分な領域に照明光（露光光）が照射されるのを防止するようになっている。

【0034】前記第2照明ユニット46は、第2照明系ハウジング162と、その内部に所定の位置関係で配置されたリレーレンズ系、光路折り曲げ用ミラー、コンデンサレンズ系等から成る第2部分照明光学系とを備えて

いる。なお、この第2照明ユニット46は、前記本体コラムBDを構成する後述するレチクルステージベース30の上面に固定された上下方向に伸びる照明系支持部材54によって支持されている。

【0035】本実施形態では、図1に示されるように、固定レチクルブラインド52は、レチクルRのアライメントを行うためのレチクルアライメント部62の底面に固定されている。すなわち、固定レチクルブラインド52は、レチクルRに近接した上面、すなわちレチクル面から所定量だけデフォーカスした面に配置されている。固定レチクルブラインド52には、レチクル面での照明領域を走査方向に直交する非走査方向に細長いスリット状の領域に規定するための開口が形成されている。なお、固定レチクルブラインド52を、レチクル面との共役面との近傍、例えば可動レチクルブラインド48の設置面の近傍に配置しても良い。

【0036】上述の照明系によると、光源11から射出されたレーザビームは、引き回し光学系BMUを介して第1照明ユニット44内に入射する。そして、このレーザビームは、第1照明ユニット44内部の第1部分照明光学系を通過する際に、断面形状が整形されるとともに照度分布がほぼ均一な照明光（露光光）ILとなって、可動レチクルブラインド48の開口を通過する。この可動レチクルブラインド48を通過した照明光ILは、第2照明ユニット46内に入射し、該照明ユニット46内部の第2部分照明光学系を通過して固定レチクルブラインド52をほぼ均一な照度分布で照明する。そして、この固定レチクルブラインド52の開口を通過した照明光ILがレチクルR上の前記固定レチクルブラインド52によって規定された照明領域をほぼ均一な照度で照明する。

【0037】前記本体コラムBDは、クリーンルームの床面F上に水平に載置された矩形板状のベースプレートBP、該ベースプレートBP上面の4つのコーナー部分に設けられた上下方向に所定の長さで伸びる4本の第1支柱14（但し、図1の紙面手前側に位置する2本の第1支柱については不図示）、これらの第1支柱14により第1防振ユニット16（但し、図1の紙面手前側の2つの第1防振ユニットについては不図示）をそれぞれ介して4点で支持された第1架台ST1、該第1架台ST1上に配置された4つの第2防振ユニット24（但し、図1の紙面手前側に位置する2つの第2防振ユニットについては不図示）により4点で支持された第2架台ST2、及び第1架台ST1の下方に吊り下げ支持された第3架台ST3等を備えている。このうち、ベースプレートBPと4本の第1支柱14とによってフレームキャストFCが構成されている。

【0038】前記第1架台ST1は、その底板部を構成するベースフレーム18と、このベースフレーム18上面の図1の紙面奥側に位置する2つのコーナー近傍にそ

れぞれ固定された上下方向に延びる 2 本の第 2 支柱 20A, 20B と、これら 2 本の第 2 支柱 20A, 20B によりほぼ水平に支持された矩形板状の Y 軸固定子支持板 60 とを備えている。

【0039】前記ベースフレーム 18 は、その中央部に矩形の開口 18a が形成された矩形枠状の板部材から成り、その底面の 4 つのコーナー近傍にて、前述した第 1 防振ユニット 16 によりほぼ水平に支持されている。これらの第 1 防振ユニット 16 のそれぞれは、第 1 支柱 14 の上部に直列（又は並列）に配置されたエアダンパ又は油圧式のダンパ等の大重量に耐える機械式のダンパと、ボイスコイルモータ等の電磁式のアクチュエータより成る電磁式のダンパとを含んで構成されている。そして、ベースフレーム 18 の上面の水平面に対する傾斜角が第 1 変位センサ 109（図 1 では不図示、図 5 参照）によって検出され、この第 1 変位センサ 109 の検出値に基づいて、主制御装置 99（図 5 参照）により、前記の傾斜角が許容範囲内に収まるように、4 つの第 1 防振ユニット 16 を構成する電磁式のダンパが駆動され、必要に応じて機械式のダンパの空気圧又は油圧等が制御される。この場合、機械式のダンパによって、床からの高い周波数の振動は露光装置本体 10A に伝わる前に減衰され、残存している低い周波数の振動は電磁的なダンパによって減衰される。上記の変位センサとしては、例えば、ベースフレーム 18 に取り付けられた電気式の水準器、又は光学式の傾斜角検出器等を用いることができる。

【0040】前記 Y 軸固定子支持板 60 は、上方から見て矩形の板部材から構成され、その上面には後述する Y 軸固定子が配置されている。

【0041】前記第 2 架台 ST2 は、ベースフレーム 18 の上面に配置された 4 つの第 2 防振ユニット 24 によって下方から 4 点で支持された投影光学系支持部材 26 と、該投影光学系支持部材 26 の上面の第 2 防振ユニット 24 にそれぞれ対向する位置にそれぞれ固定された上下方向に所定長さで伸びる 4 本の第 3 支柱 28A, 28B, 28C, 28D（但し、図 1 における紙面手前側に位置する第 3 支柱 28C, 28D については不図示、図 3 参照）と、これら 4 本の第 3 支柱 28A～28D によりほぼ水平に支持されたレチクルステージベース 30 とを備えている。

【0042】前記投影光学系支持部材 26 は、上端部にフランジ部が形成された筒状の部材によって構成されている。この投影光学系支持部材 26 の中央には、平面視（上から見て）円形の段付き開口 26a が上下方向（Z 軸方向）に連通して形成されている。この段付き開口 26a には、前記投影光学系 PL が上方から挿入され、投影光学系 PL はその高さ方向の中央やや上方に設けられたフランジ FLG を介して投影光学系支持部材 26 によって支持されている。

【0043】また、投影光学系支持部材 26 には、段付き開口 26a 以外にも、上下方向（Z 軸方向）に複数の貫通孔が設けられており、該貫通孔には、各種検出系を構成する複数の鏡筒が挿入されている。なお、これら検出系については後に詳述する。

【0044】前記第 2 防振ユニット 24 のそれぞれは、前述した第 1 防振ユニット 16 と同様の構成となっている（但し、耐荷重性は第 1 防振ユニット 16 よりも低く設定されている）。そして、投影光学系支持部材 26 上面又はレチクルステージベース 30 上面の水平面に対する傾斜角が第 2 変位センサ 111（図 1 では不図示、図 5 参照）によって検出され、この第 2 変位センサ 111 の検出値に基づいて、主制御装置 99（図 5 参照）により、前記傾斜角が許容範囲内に収まるように、4 つの第 2 防振ユニット 24 が制御される。上記の変位センサとしては、例えば、投影光学系支持部材 26 又はレチクルステージベース 30 に取り付けられた電気式の水準器、又は光学式の傾斜角検出器等を用いることができる。

【0045】前記レチクルステージベース 30 は、図 3 に示されるように、平面視（上方から見て）矩形の板部材から構成されており、その中央部には照明光 IL を通過させるための開口 30a（図 3 では不図示、図 1 参照）が形成されている。このレチクルステージベース 30 上面の X 軸方向両端部には Y 軸方向に沿ってエアガイド 92A, 92B が延設されている。これらエアガイド 92A, 92B の上面は平坦度の極めて良好なガイド面に加工されている。

【0046】前記レチクルステージ RST は、レチクルステージベース 30 の上面に気体静圧軸受け 90 を介して浮上支持され、レチクル R を真空吸着等によって保持する第 2 ステージとしてのレチクル微動ステージ 32 と、該レチクル微動ステージ 32 と一体で走査方向である Y 軸方向に所定ストロークで移動する第 1 ステージとしてのレチクル粗動ステージ 34 とを備えている。なお、図 1 では、レチクル微動ステージ 32 とレチクル粗動ステージ 34 とが 1 つのレチクルステージ RST として示されている。

【0047】また、レチクルステージベース 30 には、レチクル微動ステージ 32 の位置を計測する位置計測装置としてのレチクル Y 軸干渉計 66Y₁、66Y₂、レチクル X 軸干渉計 66X が設けられており、これらの干渉計によってレチクル微動ステージ 32 の 2 次元的な位置及び回転角が高精度に計測され、この計測結果に基づいて主制御装置 99（図 5 参照）は、レチクル微動ステージ 32 の位置及び速度を制御する。なお、図 1 では、計 3 つの干渉計が代表してレチクル干渉計 66 として示されている。

【0048】また、図 3 では不図示であるが各レチクル干渉計 66X, 66Y₁, 66Y₂ に対応して、計測の基準となる固定鏡がそれぞれ投影光学系 PL の鏡筒の側面

に設けられている。これら固定鏡が、図1では代表的に固定鏡Mrとして示されている。なお、レチクル干渉計については更に後述する。

【0049】更に、前記本体コラムBDを構成するY軸固定子支持板60の上方には、図3に示されるように、レチクル粗動ステージ34をY軸方向に駆動するためのリニアモータの固定子であって、駆動時に発生する反力をキャンセルするためにY軸方向に沿ってレチクル粗動ステージ34とは反対方向に移動するカウンタマスとしての機能を有するY軸固定子74が配置されている。なお、レチクルステージRST及びこの周辺の各部の構成等については更に後述する。

【0050】図1に戻り、前記投影光学系PLとしては、物体面側（レチクル側）と像面側（ウエハ側）の両方がテレセントリックで1/4（又は1/5）縮小倍率の縮小系が用いられている。このため、レチクルRに照明光学系IOPから照明光（紫外パルス光）ILが照射されると、レチクルR上に形成された回路パターン領域のうちの紫外パルス光によって照明された部分からの結像光束が投影光学系PLに入射し、その回路パターンの部分倒立像が紫外パルス光の各パルス照射の度に投影光学系PLの像面側の視野の中央にX軸方向に細長いスリット状又は矩形状（多角形）に制限されて結像される。これにより、投影された回路パターンの部分倒立像は、投影光学系PLの結像面に配置されたウエハW1（又はウエハW2）上の複数のショット領域のうちの1つのショット領域表面のレジスト層に縮小転写される。

【0051】投影光学系PLとして、光源としてArFエキシマレーザ光源を用いる場合には、屈折光学素子（レンズ素子）のみから成る屈折系が主として用いられるが、F₂レーザ光源等を用いる場合には、例えば特開平3-282527号公報に開示されるような、屈折光学素子と反射光学素子（凹面鏡やビームスプリッタ等）とを組み合わせたいわゆるカタディオプトリック系（反射屈折系）、あるいは反射光学素子のみから成る反射光学系が主として用いられる。但し、F₂レーザ光源を用いる場合に、屈折系を用いることは可能である。

【0052】前記第3架台ST3は、投影光学系PLの下方にベースプレートBPにほぼ平行に配置されたステージベースSBと、該ステージベースSBをベースフレーム18の底面に吊り下げ支持する4本のベース支持部材42（但し、紙面手前側に位置する2つのベース支持部材は不図示）とを有している。ステージベースSBの上面の上方に不図示の非接触ベアリング、例えば気体静圧軸受けを介して前記ウエハステージWST1、WST2が浮上支持されている。

【0053】ウエハステージWST1、WST2は、それぞれ、例えばリニアモータ等より構成されるウエハステージ駆動系70（図5参照）により駆動され、Y軸方向に連続移動するとともに、X軸方向及びY軸方向にス

テップ移動する。

【0054】さらに、ウエハステージWST1、WST2の内部には、ウエハW1、W2のレベリング及びフォーカシングをそれぞれ行うためにウエハW1、W2をZ軸方向、 θ_x 方向（X軸回りの回転方向）、及び θ_y 方向（Y軸回りの回転方向）の3自由度方向に微小駆動するための試料台（不図示）がそれぞれ組み込まれている。また、これらウエハステージWST1、WST2の近傍には、各ステージを駆動する際に生じる反力をキャンセルするためのカウンタマス機構（不図示）が設けられている。

【0055】本実施形態の露光装置本体10Aでは、照明光ILのもとで、レチクルRの照明領域内のパターンの像が、投影光学系PLを介して投影倍率 β （ β は、1/4倍又は1/5倍等）で表面にレジストが塗布されたウエハW1（又はW2）上のスリット状の露光領域（前記照明領域に共役な領域）に投影される。この状態でレチクルRとウエハW1（又はW2）とを同期して所定の走査方向（Y軸方向）に移動することで、ウエハW1（又はW2）上の一つのショット領域にレチクルRのパターンが転写される。

【0056】次に、図1の投影光学系支持部材26の近傍を拡大して示す図2に基づいて、ウエハステージWST1、WST2近傍に位置する各種センサ類について説明する。

【0057】この図2に示されるように、投影光学系支持部材26に上下方向に貫通状態で形成された貫通孔166aには、アライメント系ALG1を構成する鏡筒172aが挿入されており、投影光学系支持部材26上面の鏡筒172aと対応する位置には、アライメント系ALG1を構成するセンサヘッド174aが配置されている。また、投影光学系PLに対して貫通孔166aとは反対側に形成された貫通孔166bには、アライメント系ALG2を構成する鏡筒172bが挿入されており、投影光学系支持部材26上面の鏡筒172bと対応する位置には、アライメント系ALG2を構成するセンサヘッド174bが配置されている。

【0058】投影光学系PLの周囲において投影光学系PLの中心からX軸及びY軸に対して斜め45°の位置には、ウエハW1（又はW2）の表面の露光領域内部分及びその近傍の領域のZ軸方向（光軸AX方向）の位置を検出するための斜入射方式のフォーカス検出系（焦点検出系）の1つである多点フォーカス位置検出系が設けられている。この多点フォーカス位置検出系は、センサヘッド41及び鏡筒43から構成され、これらの内部に光ファイバー束、パターン形成板、ミラー、レンズ等

（何れも不図示）を備える照射光学系160aと、内部に回転方向振動板、受光用スリット板、レンズ及び多数のフォトセンサを有する受光器等（何れも不図示）を備える受光光学系160b（但し、受光光学系160bは

鏡筒部分のみを図示) とから構成されている。

【0059】この多点フォーカス位置検出系(160a、160b)では、照射光学系160aからウエハW1(又はW2)上のフォトレジストに対する感光性の低い、比較的広い波長帯の検出ビームがウエハW1(又はW2)に対して斜めから照射され、この検出ビームのウエハW1(又はW2)面からの反射光が受光光学系160bにより受光される。ここで受光された光(像)は、信号処理装置103(図1では不図示、図5参照)により、回転振動周波数の信号で同期検波される。そして、この信号処理装置103により同期検波して得られた多数のフォーカス信号が図5の主制御装置99に供給される。

【0060】また、投影光学系支持部材26下半部のY軸方向両側の側壁には、ウエハY軸干渉計80、82が設けられている。また、投影光学系支持部材26下半部の-X側の側壁には、ウエハステージWST1、WST2のX軸方向位置を検出するためのウエハX軸干渉計84(図2では不図示、図5参照)が設けられている。これら干渉計80、82、84では、投影光学系支持部材26の上面に配置されたレーザヘッド144にて発生したレーザ光を、投影光学系支持部材26内部に設けられたビームスプリッタ、ミラー等から成る不図示のリレー光学系を介して、ウエハステージWST1、WST2に向けて出射するようになっている。

【0061】また、ステージベースSBの上面の上方には、プリアライメント機構63A、63Bが配置されている。これらのプリアライメント機構63A、63Bは、ウエハの中心位置ずれ、及び回転ずれの検出及び位置合わせを行うためのものである。

【0062】更に、ステージベースSBを吊り下げ支持するベース支持部材42の高さ方向ほぼ中央部には、上方から下方に向けてほぼ一定温度の気体を噴出するダウンフローユニット65が設けられている。このダウンフローユニット65によると、ダウンフローユニット65から噴き出された気体(空気)により、ウエハY軸干渉計80、82及びウエハX軸干渉計84(図5参照)の干渉計ビームの光路の熱による影響が抑制されるので、干渉計ビームの光路上の空気揺らぎ(空気の温度揺らぎ)に起因する計測誤差等を効果的に抑制することができる。

【0063】図3には、レチクルステージRST及びその近傍の構成部分が斜視図にて概略的に示されている。レチクルステージRSTは、前述の如く、レチクル微動ステージ32とレチクル粗動ステージ34とを含んで構成されており、該レチクル粗動ステージ34が第1駆動装置としてのY軸リニアモータ69によってY軸方向に駆動される。

【0064】前記Y軸リニアモータ69は、Y軸固定子支持板60上方に設けられたY軸固定子74と、該Y軸

固定子74に沿ってY軸方向に移動するY軸可動子72とを備えている。

【0065】前記Y軸固定子74は、Y軸方向を長手方向とする角柱状の形状を有し、その内部にはY軸方向に沿って所定間隔で配置された複数の電機子コイル(不図示)が配置されている。このY軸固定子74の質量は、レチクルステージRST及びY軸可動子72を合わせた重量よりも数倍程度重く設定されている。なお、Y軸固定子74の質量を重くするために、複数の電機子コイルに変えて、複数の永久磁石をY軸固定子74に設け、ムービングコイルタイプのY軸リニアモータを構成しても良い。

【0066】Y軸固定子74の下面における長手方向両端部近傍には、一对の気体静圧軸受け76a、76bが設けられている。これら気体静圧軸受け76a、76bの軸受け面は、Y軸固定子支持板60のガイド面(上面)に対向しており、該ガイド面に向けて加圧気体、例えば加圧空気を噴出し、その加圧気体の静圧と、Y軸固定子74、Y軸可動子72及びレチクル粗動ステージ34等全体の自重とのバランスにより、Y軸固定子74がガイド面の上方に数 μm 程度のクリアランスを介して浮上支持されている。なお、静圧軸受けとして加圧気体と真空吸引とを用いた真空予圧型軸受け、若しくは加圧気体と磁気吸引とを用いた磁気予圧型軸受けを用いて、高剛性を得るようにしても良い。

【0067】また、Y軸固定子74は、Y軸固定子支持板60の上面のY軸方向両端部に固定された枠体94A及び枠体94Bに挿入された状態で非接触にて保持されている。すなわち、枠体94A、94BのX軸方向両内面には不図示の気体静圧軸受け、例えばエアベアリングがそれぞれ設けられており、これらのエアベアリングからY軸固定子74のX軸方向の両側面に向けて噴出される加圧気体の静圧同士のバランスにより、Y軸固定子74が枠体94A、94Bとの間にX軸方向に数 μm のクリアランスを介して保持されている。なお、Y軸固定子74は、Z軸方向に関して、気体静圧軸受け76a、76bにより、Y軸固定子支持板60のガイド面のみならず、枠体94A、94Bに対しても数 μm の間隔をあけて非接触保持されている。このように、Y軸固定子74は、X軸方向及びZ軸方向の両方向について非接触で拘束されている。なお、不図示の気体静圧軸受けとして、前述の真空予圧型軸受け又は磁気予圧型軸受けを用いても良い。

【0068】また、Y軸固定子74のY軸方向一端部(+Y側端部)には、Y軸固定子74を上下から挟持するように上板部材96A、下板部材96Bが固定されており、また、Y軸固定子74のY軸方向他端部(-Y側端部)には、Y軸固定子74を上下から挟持するように上部ユニット保持部材98A、及び下部ユニット保持部材98Bが固定されている。上部ユニット保持部材98

Aは、XZ断面がU字状の薄肉部材から成り、その中央の凹溝部には、電機子ユニット101Bが埋め込まれている。電機子ユニット101Bは、Y軸方向に沿って所定の間隔で配置された電機子コイルをその内部に有している。下部ユニット保持部材98Bも上部ユニット保持部材98Aと同様に構成され、同様の電機子ユニットが埋め込まれている。更に、前記枠体94Bの電機子ユニット101Bに対向する位置には、磁極ユニット101Aが設けられている。これら電機子ユニット101Bと、磁極ユニット101Aとにより、Y軸固定子74をY軸方向に駆動するY軸位置補正機構102Aが構成されている。なお、下部ユニット保持部材98B側にも同様にY軸位置補正機構102B（図3では不図示、図5参照）が構成されている。

【0069】この場合、Y軸固定子74のY軸方向一端部の上板部材96Aと下板部材96Bとを合わせた質量、他端部の上部ユニット保持部材98Aと電機子ユニット101Aと下部ユニット保持部材98Bと電機子ユニット101Bとを合わせた質量とが同一に設定されている。従って、Y軸固定子74の重心位置に重力が作用するため、重心から等距離にある同一の作用を有する気体静圧軸受けの制御を簡易に行うことができる。

【0070】このように、Y軸固定子74はX軸方向及びZ軸方向に非接触にて拘束されているが、Y軸方向には一切拘束されていない。このため、レチクルステージRSTが後述するY軸可動子72とともにY軸方向へ駆動されると、Y軸固定子74にはレチクルステージRSTの駆動方向とは反対方向の反力が作用するが、その際、Y軸固定子74はそのY軸方向の反力に応じ、レチクルステージRSTの駆動方向とは逆のY軸方向に移動する。この場合、運動量保存則が成立し、Y軸固定子74に作用する反力がほぼ完全に吸収される。また、重心の移動に起因する偏荷重も生じない。従って、レチクルステージRSTの駆動時に生じる反力による振動の発生がほぼ完全に防止されるようになっている。

【0071】なお、本実施形態では、レチクルステージRSTの駆動時に作用する反力によるY軸固定子74のY軸方向の移動量が、上述のY軸位置補正機構102A、102Bのストローク範囲から外れないように、図5の主制御装置99により、Y軸位置補正機構102A、102BのY軸方向駆動用の電機子ユニットに供給される電流が制御され、Y軸固定子74が、適当なタイミングでY軸方向の原位置に復帰されるようになっている。

【0072】前記Y軸可動子72は、平面視（上から見て）X軸方向に短くY軸方向に長い長方形状で、XZ断面が逆U字状（コ字状）の形状を有する磁性体部材と、この磁性体部材の内側の一对の対向面に、Y軸方向に沿って所定の間隔で交互に配置されたN極永久磁石とS極永久磁石とを備えている。この場合、X軸方向に対向す

る磁石同士の極性は、相互に異なる（すなわちX軸方向に対向する1対の磁石がN極永久磁石とS極永久磁石である）ようになっている。ここで、N極永久磁石、S極永久磁石とは、Y軸固定子74に対向する側の面がそれぞれN磁極面、S磁極面である永久磁石を指すものである。

【0073】すなわち、Y軸可動子72は、図3の状態では、Y軸固定子74との間の空隙内にX軸方向に沿って所定周期の交番磁界を発生させるようになっており、このY軸可動子72とY軸固定子74とによって前記レチクル粗動ステージ34をY軸方向に所定ストロークで駆動する第1駆動装置としてのムービングマグネット型のY軸リニアモータ69が構成されている。このY軸リニアモータ69のY軸固定子74を構成する電機子コイルに供給される電流値（方向を含む）が図5の主制御装置99によって制御されるようになっている。

【0074】前記レチクル粗動ステージ34は、平面視（上から見て）L字状の形状を有しており、Y軸リニアモータ69の可動子72の+X側の側面にレチクルステージベース30上に張り出した片持ち支持状態で固定されている。

【0075】前記レチクル微動ステージ32は、平面視（上から見て）長方形状の部材から成り、そのほぼ中央部分には、照明光ILの通過路となる矩形的開口（不図示）が形成されている。この開口の周辺の上面側には、不図示のバキュームチャックが複数（例えば4つ）設けられており、これらバキュームチャックによってレチクルRが真空吸着により保持されるようになっている。

【0076】また、レチクル微動ステージ32の下面の4隅部には、前述したY軸固定子74に設けられた気体静圧軸受け76a、76bと同様の気体静圧軸受け90がそれぞれ設けられている（但し、図3における奥側の気体静圧軸受けは不図示）。これらの気体静圧軸受け90は、レチクルステージベース30上のエアガイド92A、92Bのガイド面（上面）に対向した位置に設けられており、該ガイド面に向けて加圧気体（例えば加圧空気）を噴き出すことで、その加圧気体の静圧と、レチクル微動ステージ32の自重とのバランスにより、ガイド面の上方に数 μ m程度のクリアランスを介して、レチクル微動ステージ32が浮上支持されている。なお、気体静圧軸受け90として前述の真空予圧型軸受け、若しくは磁気予圧型軸受けを用いても良い。

【0077】さらに、レチクル微動ステージ32上面の+X側端部には、図3に示されるように、平面ミラーから成るレチクルX移動鏡64Xが固定されている。このX移動鏡64Xに対して、前記レチクルX軸干渉計66Xからの測長ビームが垂直に照射されている。また、レチクル微動ステージ32上面の+Y側端部には、一对のコーナーキューブ64Y₁、64Y₂が固定されており、これらのコーナーキューブ64Y₁、64Y₂に対して、

前記レチクルY軸干渉計66Y₁、66Y₂からの測長ビームがそれぞれ照射されている。なお、干渉計66X、66Y₁、66Y₂からの測長ビームは、レチクルステージベース30上面に固定された干渉計レーザ68で発生されるレーザビームが分岐されたものである。

【0078】そして、レチクルY軸干渉計66Y₁、66Y₂によって、レチクル微動ステージ32のY軸方向の位置及び θ_z 回転が、固定鏡を基準として例えば0.5～1nm程度の分解能で常時検出され、レチクルX軸干渉計66Xによって、レチクル微動ステージ32のX軸方向の位置が、固定鏡を基準として例えば0.5～1nm程度の分解能で常時検出されている。

【0079】この場合、レチクルY軸干渉計66Y₁、66Y₂として、コーナーキューブ64Y₁、64Y₂に対して測長ビームを投射し、それぞれの反射光を受光してコーナーキューブ64Y₁、64Y₂のY軸方向の位置を検出する一対のダブルパス干渉計を用いているので、レチクル微動ステージ32に θ_z 回転が存在しても、それぞれの測長ビームの投射位置のY軸方向位置を精度良く検出することができる。

【0080】レチクル微動ステージ32とレチクル粗動ステージ34との間には、レチクル微動ステージ32をレチクル粗動ステージ34に対して非接触で保持させる非接触保持装置115（図5参照）が設けられている。この非接触保持装置115は、本実施形態では、図3に示される第2駆動装置としてのボイスコイルモータ71A、71B、71Cと、推力発生装置としてのガスフロー装置73とを備えている。

【0081】前記ボイスコイルモータ71A～71Cのうちの1つのボイスコイルモータ71Bは、図4（A）に断面して示されるように、その固定子67Aがレチクル粗動ステージ34に固定され、その可動子67Bがレチクル微動ステージ32の-Y側の側壁に固定されている。

【0082】前記固定子67Aは、磁性体部材から成り、YZ断面が略U字状（コ字状）の形状を有するヨーク95と、該ヨーク95内部の一対の対向面（上下の対向面）に配設された、N極永久磁石59N及びS極永久磁石59Sとを備えている。このN極永久磁石59N、S極永久磁石59Sは、通常の永久磁石から構成され、各々が対向する側の磁極がN極、及びS極に設定されている。また、前記可動子67Bは、ほぼ平板状の形状を有し、その内部に空間を有する筐体93と、その内部空間に收容された電機子コイル91とを備えている。

【0083】すなわち、固定子67Aと可動子67Bとが図4（A）のように係合した状態では、固定子67A内に形成されるZ軸方向の磁界と、可動子67B内の電機子コイル91を流れるX軸方向の電流との間の電磁相互作用（ローレンツ力）により、Y軸方向の力を発生することができ、これにより、レチクル粗動ステージ34

に対してレチクル微動ステージ32をY軸方向に相対的に微小駆動することが可能となっている。

【0084】なお、本実施形態では、ボイスコイルモータ71Bの推力の作用点は、レチクル微動ステージ34の重心と同一高さ位置の点に設定されている。このため、ボイスコイルモータ71Bの力によっては、レチクル微動ステージ32を θ_x 方向（X軸回りの回転方向）に回転させる回転モーメントは発生しない。

【0085】その他のボイスコイルモータ71A、71Cもボイスコイルモータ71Bと同様に構成されている。すなわち、ボイスコイルモータ71Aにより、レチクル微動ステージ32を θ_y 方向（Y軸回りの回転方向）に回転させる回転モーメントを発生させることなく、レチクル粗動ステージ34に対してX軸方向に相対的に微小駆動することができるようになっている。また、ボイスコイルモータ71Cにより、ボイスコイルモータ71Bと同様に、 θ_x 方向に回転させる回転モーメントを発生させることなく、レチクル微動ステージ32をレチクル粗動ステージ34に対して、Y軸方向に相対的に微小駆動することが可能となっている。また、ボイスコイルモータ71B、71Cの発生推力を異ならせることにより、レチクル微動ステージ32をZ軸回りの回転方向（ θ_z 方向）に微小駆動することも可能となっている。

【0086】前記ガスフロー装置73は、図3に示されるように、レチクル粗動ステージ34の、前記ボイスコイルモータ71B、71Cの各固定子間の中央位置に設けられたガスフロー固定部75Aと、レチクル微動ステージ32に接続されたガスフロー可動部75Bとを備えている。

【0087】前記ガスフロー固定部75Aは、実際には、図4（B）に断面して示されるように、直方体状の形状を有する中空の筐体77と、該筐体77のY軸方向両内面に固定された一対の第2部材としての気体噴出機構79A、79Bとを備えている。また、前記ガスフロー可動部75Bは、レチクル微動ステージ32の-Y側面に突設された平面視（上から見て）U字状（図6

（A）参照）の形状を有するアーム部材83と、一対の気体噴出機構79A、79Bの間に配置されアーム部材83の先端（-Y側端）に固定された第1部材としての板状部材81とを備えている。アーム部材83は、筐体77に設けられた2つの矩形開口101（但し、図4では一方の開口のみを図示し、他方の開口は不図示）を介して筐体77内部に挿入されている。

【0088】板状部材81の-Y側の面、+Y側の面に対して、気体噴出機構79A、79Bから加圧気体（空気、窒素あるいはヘリウム等）が常時又は適宜噴出されるようになっている。

【0089】ここで、ガスフロー装置73では、その発生推力がレチクル微動ステージ32に与えられる点と、

レチクル微動ステージ 32 の重心とは、Z 軸方向位置及び X 軸方向位置とが同一となるように設定されている。このように、ガスフロー装置 73 はレチクル微動ステージ 32 の重心を押す構成となっていることから、ガスフロー装置 73 から与えられる推力によっては、レチクル微動ステージ 32 に対して θ x 方向、及び θ z 方向への回転モーメントは一切発生しない。

【0090】次に、ボイスコイルモータ 71 B (及び 71 C) と、ガスフロー装置 73 との発生推力の関係について、図 4 (A)、(B) に基づいて説明する。なお、図 4 (A)、図 4 (B) は、レチクル微動ステージ 32 とレチクル粗動ステージ 34 との相対位置が同一の場合におけるボイスコイルモータ 71 B 及びガスフロー装置 73 の状態が示されている。

【0091】ガスフロー装置 73 側においては、板状部材 81 の気体噴出機構 79 A、79 B からの距離の 2 乗に比例した力で板状部材 81 を押し戻すので、図 4

(B) に示されるように、板状部材 81 が 2 つの気体噴出機構 79 A、79 B から離れたほぼ等距離の位置にあるため、気体噴出機構 79 A、79 B から同一量の気体を噴出する本実施形態のような場合には、板状部材 81 に対して与えられる両者の推力が釣り合うか、あるいは推力が共に小さいかのいずれかであり、実質的にガスフロー装置 73 の発生推力が板状部材 81 に対して実質的に影響を及ぼさなくなっている。

【0092】ここで、(i) 図 4 (A)、図 4 (B) の状態 (中立状態) からレチクル微動ステージ 32 が左側に寄った場合、(ii) 図 4 (A)、図 4 (B) の状態

(中立状態) からレチクル微動ステージ 32 が右側に寄った場合について、簡単に説明する。

【0093】(i) では、ガスフロー装置 73 においては、板状部材 81 が図 4 (B) の状態から左側にずれるので、板状部材 81 が気体噴出機構 79 A に近づく。従って、板状部材 81 には、気体噴出機構 79 A から噴出される気体の力により右側 (+Y 側) への推力が与えられる。気体噴出機構 79 A、79 B から板状部材 81 に与えられる推力は、板状部材 81 の気体噴出機構 79 A、79 B からの距離の 2 乗に反比例する。このため、気体噴出機構 79 B から噴出される気体は板状部材 81 に対して実質的に影響を及ぼさない。一方、気体噴出機構 79 A から噴出される気体の力による右側への推力は、上記の距離の 2 乗に反比例した大きさの力となって板状部材 81 を押し戻す。すなわち、レチクル微動ステージ 32 が左側に寄った位置ではボイスコイルモータ 71 B は大きな力は必要としない。

【0094】(ii) では、レチクル微動ステージ 32 が図 4 (A) よりも、右側に位置するので、ボイスコイルモータ 71 B においては、可動子 67 B が中立状態から右側にずれるため、図 4 (A) の場合と比べ、永久磁石 59 N、59 S 間を流れる電流が小さくなる。従って中

立状態ほどの応答性を発揮することはできない。一方、ガスフロー装置 73 においては、板状部材 81 が図 4

(B) の状態から右側にずれるので、板状部材 81 が気体噴出機構 79 B に近づく。従って、板状部材 81 には、気体噴出機構 79 B から噴出される気体の力により左側 (-Y 側) への推力が与えられる。このとき、前述と同様の理由により、気体噴出機構 79 A から噴出される気体は板状部材 81 に対して実質的に影響を及ぼさない。一方、気体噴出機構 79 B から噴出される気体の力による左側への推力は、上記の距離の 2 乗に反比例した大きさの力となって板状部材 81 を押し戻す。すなわち、レチクル微動ステージ 32 が右側に寄った位置ではボイスコイルモータ 71 B は大きな力は必要としない。従って、板状部材 81 が左側若しくは右側に存在するとき、すなわち、レチクル粗動ステージ 34 が大きな加速度で左右に移動するときのレチクル微動ステージ 32 を同期して動かすための推力の大半を気体噴出機構 79 A、79 B がまかなうので、ボイスコイルモータ 71 B は大きな推力を必要としない。

【0095】次に、本実施形態の露光装置本体 10 A における処理について説明する。

【0096】本実施形態では、ウェハステージ WST 1 が投影光学系 PL の直下において露光動作を行っている間に、ウェハステージ WST 2 側ではウェハ交換、アライメント系 ALG 2 直下におけるアライメント動作が行われる。同様に、ウェハステージ WST 2 が投影光学系 PL の直下において露光動作を行っている間に、ウェハステージ WST 1 側ではウェハ交換、アライメント系 ALG 1 直下におけるアライメント動作が行われる。すなわち、ウェハステージ WST 1、WST 2 では並行処理動作が行われる。

【0097】前記ウェハ交換では、ウェハロード部 61 内の不図示のウェハロードによって、ウェハステージ WST 1 (又はウェハステージ WST 2) 上に載置された露光済みのウェハのアンロード及び新たなウェハのロードが行なわれる。

【0098】また、アライメント動作では、アライメント系 ALG 1、ALG 2 を用いて例えば特開昭 61-44429 号公報などに開示される EGA (エンハンス・グローバル・アライメント) 等のウェハアライメントが実行される。このようなアライメントの終了後、以下のようにしてステップ・アンド・スキャン方式の露光動作が行なわれる。

【0099】以下、各ウェハステージ WST 1、WST 2 の露光動作 (ステップ・アンド・スキャン露光) について図 5 及び適宜その他の図面を参照しつつ説明する。

【0100】まず、主制御装置 99 ではアライメント結果に基づいて、前述したウェハ Y 軸干渉計 80、82、ウェハ X 軸干渉計 84 の計測値をモニタしつつ、ウェハステージ駆動系 70 を構成するリニアモータを制御して

ウエハW1 (又はW2) の第1ショットの露光のための走査開始位置 (加速開始位置) にウエハステージWST1 (又はWST2) を移動する。

【0101】次に、主制御装置99ではレチクルRとウエハW1 (又はW2) 、すなわちレチクルステージRSTとウエハステージWST1 (又はWST2) とのY軸方向の相対走査を開始し、両ステージRST, WST1 (又はWST2) がそれぞれの目標走査速度に達し、等速同期状態に達すると、照明光学系IOPからの紫外パルス光によってレチクルRのパターン領域が照明され始め、走査露光が開始される。上記の相対走査は、主制御装置99が、ウエハ干渉計80 (又は82) 、84及びレチクル干渉計66Y₁、66Y₂、66Xの計測値をモニタしつつ、Y軸リニアモータ69、及びウエハステージ駆動系70を構成するリニアモータを制御することにより行われる。

【0102】主制御装置99では、特に上記の走査露光時にレチクルステージRSTのY軸方向の移動速度V_rとウエハステージWST1 (又はWST2) のY軸方向の移動速度V_wとが投影光学系PLの投影倍率 (1/4倍あるいは1/5倍) に応じた速度比に維持されるようにY軸リニアモータ69、及びウエハステージ駆動系70を介してレチクルステージRST及びウエハステージWST1 (又はWST2) を同期制御する。

【0103】そして、レチクルRのパターン領域の異なる領域が紫外パルス光で逐次照明され、パターン領域全面に対する照明が完了することにより、ウエハW1 (又はW2) 上の第1ショットの走査露光が終了する。これにより、レチクルRのパターンが投影光学系PLを介して第1ショットに縮小転写される。

【0104】なお、上記の走査露光の開始直前及び露光終了直後に、主制御装置99からの指示に基づいてブラインド駆動装置105により、可動レチクルブラインド48が制御され、不要な部分の露光が防止されることは、通常のスキヤニング・ステッパと同様である。

【0105】上述のようにして、第1ショットの走査露光が終了すると、主制御装置99により、ウエハステージ駆動系70を介してウエハステージWST1 (又はWST2) がX、Y軸方向にステップ移動され、第2ショットの露光のための走査開始位置 (加速開始位置) に移動される。

【0106】そして、主制御装置99により、上述と同様に各部の動作が制御され、ウエハW1 (又はW2) 上の第2ショットに対して上記と同様の走査露光が行われる。

【0107】このようにして、ウエハW1 (又はW2) 上のショットの走査露光と次ショット露光のためのステップ動作とが繰り返し行われ、ウエハ上の露光対象ショットの全てにレチクルRのパターンが順次転写される。

【0108】次に、上記走査露光の際のレチクルステージRSTの制御方法について図6 (A) ~図6 (C) 、及び図7 (A) 、図7 (B) に基づいて説明する。図6 (A) ~図6 (C) には、様々な状況におけるボイスコイルモータ71B、71C、及びガスフロー装置の状態が模式的に示されている。図7 (A) には、レチクル粗動ステージ34の加速度の時間変化が示されている。また、図7 (B) には、図7 (A) に対応するレチクル粗動ステージ34の速度の時間変化が示されている。なお、図7 (A) 、図7 (B) において、範囲Accはレチクル粗動ステージ34が加速移動し、範囲Uniは等速移動し、範囲Decは減速移動していることを示している。

【0109】まず、レチクルステージRSTを右側に加速する場合 (図7 (A) 、図7 (B) の時間t₀~t₁) について説明する。ここでは、前提として、レチクルステージRSTを加速するに際し、主制御装置99 (図5参照) により、ボイスコイルモータ71B、71Cの可動子に電流が供給されることにより、前述した中立状態から各可動子が所定量だけ左側に駆動されている。すなわち、加速開始時 (図7 (A) 、図7 (B) の時刻t₀) に、レチクル微動ステージ32は、Y軸方向に関して所定量だけ-Y側にオフセットされて位置決めされた図6 (A) の状態に設定されている。この状態で図7 (A) に示されるようにレチクル粗動ステージ34の加速が開始される。

【0110】レチクル微動ステージ32が左側 (-Y側) に寄った状態で、レチクル粗動ステージ34を右側 (+Y側) に加速すると、レチクル微動ステージ32には更に左側への反力が与えられることになるが、加速開始と同時に主制御装置99により、気体噴出機構79A、79Bから同一量かつ一定量の気体が噴出されるので、気体噴出機構79Aからの気体の噴出し圧力による推力が板状部材81に加わり、それ以上左側へは移動しないようになっている。すなわち、板状部材81と気体噴出機構79Aとの間には所定間隔以上の間隔が維持されることになる。

【0111】ここで、本実施形態では、レチクル粗動ステージ34を加速する場合に、常に同一の加速度が維持されるのではなく、例えば図7 (A) に示されるように、加速開始直後は平均加速度の倍程度に設定された最高加速度で加速し、等速移動が開始される時間t₁の直前までは、平均加速度よりも低い加速度で加速するシーケンスが採用されている。

【0112】このため、加速範囲Accでは、加速開始直後の最高加速度でのレチクル粗動ステージ34の移動の際に、板状部材81と左側の気体噴出機構79Aとが最接近したのを最後に、加速度低下に起因するレチクル微動ステージ32に与えられる反力の低下、及び気体噴出機構79Aからの一定の気体の噴出により、板状部材

81は気体噴出機構79Aから徐々に遠ざかっていくことになる。

【0113】この場合、気体の剛性は、板状部材81と気体噴出機構79Aとの間隔 y が広がるのに伴って、 $1/y^2$ で弱まり、図6(A)に示される一点鎖線で挟まれる範囲内に板状部材81全体が位置すると、気体による拘束力がほとんどなくなるが、その一方で、前述したように板状部材81と気体噴出機構79Aとの間隔が遠ざかるので、ボイスコイルモータ71B、71Cを高応答で制御することが可能となる。このようにして、加速範囲Accの間に、レチクル微動ステージ32の制御をガスフロー装置73からボイスコイルモータ71B、71Cに徐々に切り換えることができる。

【0114】その後、レチクル粗動ステージ34をほぼ等速で移動する場合(図7(A)、図7(B)の時間 $t_1 \sim t_2$)には、図6(B)に示されるように一点鎖線で挟まれた範囲内に板状部材81全体が位置するため、レチクル微動ステージ32をボイスコイルモータ71B、71Cのみで高応答で制御することができる。従って、ボイスコイルモータ71B、71Cにより、レチクルRとウエハW1(又はW2)との同期をとることとしている。ここで、等速移動中は、レチクル微動ステージ32に対しては走査方向の力(反力)は加わらないため、ボイスコイルモータ71B、71Cにはそれ程大きな力は必要とされない。

【0115】次に、レチクル粗動ステージ34を減速する場合(図7(A)、図7(B)の時間 $t_2 \sim t_3$)には、予めボイスコイルモータ71B、71Cの推力を幾分弱めた状態で、図7(A)、図7(B)の時刻 t_2 から減速を開始する。この減速においては、前述した加速時とは逆に、減速開始直後は平均減速度よりも小さい減速度にて移動し、速度が0となる時刻 t_3 の直前に、平均減速度よりも2倍程度大きい減速度でレチクル粗動ステージ34を移動することとしている。このため、減速開始時 t_2 から減速終了時 t_3 までの間に、レチクル微動ステージ32に与えられる反力は徐々に大きくなるため、板状部材81は図6(C)に示されるように徐々に右側の気体噴出機構79Bに近づき、速度が0となる時刻 t_3 で板状部材81と右側の気体噴出機構79Bとが最接近することになる。なお、この場合においても、気体噴出機構79Bからの一定の気体の噴出により、板状部材81に対して左側への推力が与えられているので、板状部材81と気体噴出機構79Bとの間に所定間隔以上の間隔が保たれることになる。

【0116】このように、減速終了時 t_3 においては、レチクル微動ステージ32が前述した中立状態からY軸方向に関して所定量だけ+Y側にオフセットされて位置決めされた図6(C)の状態に設定されているため、この状態から、レチクルステージRSTの左側(-Y方向)への加速をスムーズに行うことができる。

【0117】以下、同様にして、左側への加速、等速、左側への減速、右側への加速…、というようにレチクル粗動ステージ34の移動が行われる。

【0118】これまでの説明から明らかなように、本実施形態では、レチクル微動ステージ32、レチクル粗動ステージ34、Y軸リニアモータ69、及びレチクル微動ステージ32をレチクル粗動ステージ34に対して非接触で保持させる非接触保持装置115、並びにこれら各部を制御する制御装置としての主制御装置99によって、ステージ装置が構成されている。また、本実施形態では、主制御装置99によって、レチクル粗動ステージ34を移動させている間に、ボイスコイルモータとガスフロー装置73とを併用してレチクル微動ステージ32を駆動する駆動制御装置が構成されている。

【0119】以上詳細に説明したように、本実施形態のステージ装置によると、Y軸リニアモータ69によるレチクル粗動ステージ34の加減速時には、レチクル粗動ステージ34に非接触で保持されたレチクル微動ステージ32に対して、レチクル粗動ステージ34の駆動による反力が作用するが、ガスフロー装置73によりレチクル粗動ステージ34の加減速時にはその反力を抑制する方向の推力が発生されるので、レチクル粗動ステージ34とレチクル微動ステージ32との間に所定の関係(すなわち非接触で保持された状態)を維持することが可能である。このため、レチクル粗動ステージ32を微小駆動するボイスコイルモータ71A~71Cには、反力の作用を抑制するための力が必要とされない。従って、ガスフロー装置73を用いずに、ボイスコイルモータ71A~71Cのみを用いる場合と比べ、ボイスコイルモータ71A~71Cに必要とされる推力は小さい。このため、レチクル粗動ステージ34を高加速度化する場合においても、ボイスコイルモータ71A~71Cを小型化することが可能となり、ボイスコイルモータについてはレチクルステージ全体の軽量化を図ることができる。

【0120】この場合、ボイスコイルモータの重量増加が極力抑制されることにより、ボイスコイルモータを含むレチクルステージ装置25全体の重量増加が抑制されるので、レチクル粗動ステージ34を駆動するY軸リニアモータ69で消費される電力を極力小さく維持することができる。

【0121】また、レチクル微動ステージ32にガスフロー装置73の板状部材81が接続され、レチクル粗動ステージ34にY軸方向に所定間隔を隔ててかつ板状部材81を挟んだ状態とされた一対の気体噴出機構79A、79Bが接続されている。この場合、板状部材81がいずれか一方の気体噴出機構に所定距離以内に接近する状態では、板状部材81に推力が実質的に作用し、板状部材81が両気体噴出機構79A、79Bから同時に所定距離以上離れた状態では、推力が板状部材81に実質的に影響を及ぼさないような構成となっている。従っ

て、板状部材 81 の各気体噴出機構との位置関係を変更するという簡易な方法を用いるのみで、レチクル微動ステージ 32 に対してレチクル粗動ステージ 34 の駆動により作用する反力に対抗することが可能となっている。

【0122】特に、板状部材 81 が両気体噴出機構 79A, 79B から同時に所定距離以上離れ、推力が板状部材 81 に実質的に影響を及ぼさないような状態で、ボイスコイルモータ 71B, 71C が高応答でレチクル微動ステージ 32 を微小駆動することができることから、レチクル微動ステージ 32 に対してレチクル粗動ステージ 34 の駆動による反力の影響のない等速同期移動中にウエハステージ WST1 (又は WST2) との同期を取るためのレチクル微動ステージの追従制御を高応答で行うことが可能となっている。

【0123】また、本実施形態の露光装置によると、主制御装置 99 が、レチクル R のパターンをウエハ W1 (又は W2) 上に転写するに際し、レチクル R とウエハ W1 (又は W2) とが並行して Y 軸方向に関して加速状態、等速同期移動状態、及び減速状態に順次遷移するように、ステージ装置、より具体的には Y 軸リニアモータ 69、ボイスコイルモータ 71A~71C、及びガスフロー装置 73 と前記ウエハステージ WST1 (又は WST2) とを制御する。このため、走査露光方式によりレチクル R のパターンをウエハ W1 (又は W2) 上に転写することができる。ここで、本実施形態に係るステージ装置では、レチクル微動ステージ 32 に載置されレチクルをレチクル粗動ステージ 34 を介して高加速度で駆動する場合においても、ボイスコイルモータの小型化、ひいてはステージ装置全体の小型、軽量化が可能となり、リニアモータの消費電力の低減が可能となる。従って、無理なくレチクル粗動ステージの高加速度化を実現できるので、走査露光時間の短縮によるスループットの向上が可能となる。また、ステージ装置全体の小型化によりレチクルの位置制御性の向上が期待され、結果的にレチクルとウエハとの位置合わせ精度の向上による露光精度の向上も期待される。

【0124】なお、上記実施形態では、レチクル微動ステージ 32 に接続されたガスフロー装置の可動部分が板状部材であり、レチクル粗動ステージ 34 に接続されたガスフロー装置の固定部分が 1 対の気体噴出機構である場合について説明したが、例えば、レチクル微動ステージ 32 に接続される可動部分が Y 軸方向の両側に気体を噴出する気体噴出機構で、レチクル粗動ステージ 34 に接続される固定部分が 1 対の板状部材であっても良い。この場合にも、上記実施形態と同様の制御を行うことで、上記実施形態と同等の効果を達成することができる。

【0125】また、上記実施形態では、第 1 部材を板状部材 81 とすることとしたが、本実施形態がこれに限られるものではなく、第 1 部材をレチクル微動ステージ 32 の一部で構成しても良い。すなわち、例えば、レチク

ル粗動ステージ 34 の形状を断面 L 字状から断面コ字状 (U 字状) とし、レチクル微動ステージ 32 に向けて Y 軸方向両側から気体が吹き付けられるように気体噴出機構を設けることとしても良い。また、レチクル粗動ステージ 34 をレチクル微動ステージ 32 を取り囲むような矩形枠状の形状とし、同様に気体噴出機構を設けることとしても良い。

【0126】《第 2 の実施形態》次に、本発明の第 2 の実施形態を図 8 及び図 9 (A)~図 9 (C) に基づいて説明する。ここで、前述した第 1 の実施形態と同一若しくは同等の構成部分については同一の符号を用いるとともに、その説明を簡略化し若しくは省略するものとする。

【0127】この第 2 の実施形態に係る露光装置は、前述した第 1 の実施形態に係る露光装置 10 と比べて、ステージ装置の構成の一部及び制御方法が異なるのみで、その他の構成等については同等となっている。従って、以下では、この相違点を中心として説明することとする。

【0128】本第 2 の実施形態では、前述した第 1 の実施形態におけるガスフロー装置 73 に代えて、推力発生装置としての EI コア装置 73' が採用されているところに特徴を有している。図 8 には、レチクル微動ステージ 32 とレチクル粗動ステージ 34 との間に設けられた、前記 EI コア装置 73' が一部断面された斜視図にて示されている。

【0129】この図 8 から分かるように、EI コア装置 73' は、レチクル粗動ステージ 34 に固定された電磁石ユニット 75A' と、磁性体ユニット 75B' とを備えている。磁性体ユニット 75B' は実際にはレチクル微動ステージ 32 の-Y 側の側面に固定されている (図 9 (A) 等参照)。

【0130】前記電磁石ユニット 75A' は、直方体状の形状を有する中空の筐体 77' と、該筐体 77' 内部の Y 軸方向の一端部と他端部とにそれぞれ配置された一対の第 2 部材としての電磁石 79A'、79B' とを備えている。また、前記磁性体ユニット 75B' は、一対の電磁石 79A'、79B' の間に配置された第 1 部材としての鉄板 81' と、該鉄板 81' の +Y 側面に固定された平面視 (上から見て) U 字状の形状を有するアーム部材 83' とを備えている。アーム部材 83' は、筐体 77' に設けられた開口 101' を介して筐体 77' 内部に挿入されている。

【0131】磁性体ユニット 75B' を構成する鉄板 81' と、電磁石ユニット 75A' を構成する電磁石 79A'、79B' との間には、磁氣的吸引力が生じるため、例えば電磁石 79A'、79B' の発生する磁氣的吸引力が同一の場合には、より近い側の電磁石に吸引される方向への推力が鉄板 81' に与えられることになる。

【0132】ここで、EIコア装置73'による推力がレチクル微動ステージ32に与えられる位置(作用点)と、レチクル微動ステージ32の重心とは、X軸方向及びZ軸方向で一致している。すなわち、EIコア装置73'はレチクル微動ステージ32の重心を押す構成となっているため、EIコア装置73'の推力によっては、レチクル微動ステージ32を回転させるモーメントは一切発生しない。

【0133】また、第1の実施形態と同様、ボイスコイルモータ71B、71Cが中立状態にある場合には、EIコア装置73'には、Y軸方向の推力は殆ど生じず、ボイスコイルモータ71B、71Cが中立状態から左右いずれかにずれたときは、そのずれた方向と同一の方向に推力が生じるようになっている。

【0134】次に、EIコア装置73'の作用も含め、本実施形態のレチクルステージRSTの駆動制御方法について説明する。

【0135】図9(A)には、レチクル粗動ステージ34を右側(+Y側)に加速するときの様子が示されている。この図9(A)に示されるように、レチクル粗動ステージ34を右側に加速するときには、予め主制御装置99(図5参照)により、ボイスコイルモータ71B、71Cに電流が供給され、第1の実施形態とは逆の右側の方向にレチクル微動ステージ32を移動する。すなわち、加速開始時に、レチクル微動ステージ32は、Y軸方向に関して所定量だけ+Y側にオフセットされて位置決めされた図9(A)の状態に設定されている。この状態でレチクル粗動ステージ34の加速が開始されると、レチクル微動ステージ32には左側(-Y側)への反力が加わることになるが、加速開始と同時に主制御装置99により右側の電磁石79B'に電流が供給され、鉄板81'に対して磁氣的吸引力(右側への推力)が与えられることにより、反力に抗して鉄板81'が電磁石79B'により所定間隔を保った状態で非接触で保持される。これにより、鉄板81'と電磁石79B'との間(すなわちレチクル粗動ステージ34とレチクル微動ステージ32との間)に所定間隔を確保した状態で、レチクル微動ステージ32をレチクル粗動ステージ34とともに一体的に移動することが可能となっている。

【0136】ここで、レチクル微動ステージ32のY軸方向位置は、前述したように、レチクルY軸干渉計66Y₁、66Y₂により計測されているので、この干渉計66Y₁、66Y₂の計測値と、レチクル微動ステージ32の目標値とに基づいて、主制御装置99が、電磁石79B'の磁氣的吸引力を徐々に弱め、ボイスコイルモータ71B、71Cの駆動力を徐々に強めるように各推力の重み付けを変更することにより、前述した第1の実施形態と同様に、電磁石79B'からボイスコイルモータ71B、71Cへの切り換えがスムーズに行われることになる。

【0137】そして、等速同期移動中には、図9(B)に示されるように、鉄板81'がほぼ中立状態に位置するので、主制御装置99は、レチクル微動ステージ32のウェハステージに対する同期移動制御をボイスコイルモータ71B、71Cによる高応答制御で行うこととしている。この場合にも、レチクル微動ステージ32には反力が作用しないため、ボイスコイルモータの発生推力をそれ程大きくする必要はない。

【0138】次に、図9(B)の状態から、レチクルステージRSTを減速する場合には、減速方向とは反対の紙面右側(+Y側)に反力が作用することになるが、電磁石79A'に電流を供給することにより、鉄板81'に紙面左側方向の磁氣的吸引力を与えることが可能となっている。この場合にも、加速時と同様にレチクル干渉計66Y₁、66Y₂、66Xの計測値と制御目標値とに基づいて電磁石79A'への電流の供給を制御することにより、第1の実施形態と同様の制御をすることが可能となっている。

【0139】以上説明したように、本第2の実施形態によると、前述した第1の実施形態と同等の効果を達成することができる他、EIコア装置73'を構成する電磁石に供給する電流量を制御することにより発生推力の調整を行うので、レチクルステージRSTの加減速動作におけるレチクル微動ステージ32の制御性能をより高性能とすることができる。

【0140】なお、上記第2の実施形態では、電磁石による発生推力と、ボイスコイルモータによる発生推力の重み付けを、レチクル干渉計66Y₁、66Y₂、66Xの出力と制御目標値とに基づいて行うこととしたが、本発明はこれに限られるものではなく、例えば、レチクル微動ステージ32と、レチクル粗動ステージ34との間の間隔を計測する間隔計測センサを設け、該間隔計測センサの出力と制御目標値とに基づいて、電磁石による発生推力とボイスコイルモータによる発生推力との重み付けを行うこととしても良い。また、レチクル干渉計の出力及び間隔計測センサの出力の両方を用いて重み付けを行うこととしても良い。

【0141】なお、上記第2の実施形態では、EIコア装置73'が、レチクル微動ステージ32に接続された可動部分が鉄板であり、レチクル粗動ステージ34に接続された固定部分が1対の電磁石である場合について説明したが、これに限らず、例えば、レチクル微動ステージ32に接続される可動部分がY軸方向の両側に磁界を発生する電磁石で、レチクル粗動ステージ34に接続される固定部分が1対の鉄板であっても良い。この場合にも、上記実施形態と同様の制御を行うことにより、上記第2の実施形態と同等の効果を達成することができる。

【0142】また、上記実施形態では、第1部材を1枚の鉄板81'とすることとしたが、本実施形態がこれに限られるものではなく、第1部材をレチクル微動ステー

ジ 3 2 (及びレチクル微動ステージ 3 2 の Y 軸方向両側の側壁に設けられた磁性体部材) とすることとしても良い。すなわち、例えば、レチクル粗動ステージ 3 4 の形状を断面 L 字状から断面コ字状 (U 字状) とし、レチクル微動ステージ 3 2 の Y 軸方向両側の側壁 (磁性体部材) に対向して電磁石を設けることとしても良い。更に、第 1 部材を電磁石とし、電磁石を挟んだ状態で第 2 部材である一対の鉄板を設けるようにしても良い。

【0143】なお、上記各実施形態では、本発明のステージ装置がレチクルステージ側に採用された場合について説明したが、これに限らず基板ステージ側に採用することも可能である。例えば、液晶用露光装置には、マスクステージとプレートステージとを、同一方向に等速移動して投影光学系を介してマスクのパターンの等倍正立像として基板上に転写する走査型の露光装置があるが、かかる装置では、マスクステージ側は勿論、プレートステージ側にも本発明のステージ装置を好適に採用することができる。この他、プロキシミティ方式の X 線露光装置などでも、基板ステージ側に本発明のステージ装置を採用することができる。

【0144】なお、上記各実施形態では、レチクルステージとして 1 枚のレチクルを載置可能なシングルホルダ方式のレチクルステージに推力発生装置が設けられた場合について説明したが、これに限らず、例えば 2 枚のレチクルを載置可能なダブルホルダ方式のレチクルステージについても同様に推力発生装置を設けることが可能である。

【0145】なお、上記各実施形態では、レチクル微動ステージ 3 2 を微小駆動する第 2 駆動装置としてボイスコイルモータを用いた場合について説明したが、第 2 駆動装置としては、例えば、微動ステージ、粗動ステージのいずれか一方のステージに接続された鉄板と、該鉄板を駆動方向両側から挟んだ状態となるように他方のステージに接続された一対の電磁石とから成る、いわゆる E I コアを採用することも可能である。

【0146】なお、上記各実施形態では、2 つのウエハステージを用いて同時並行処理するダブルステージタイプの露光装置について説明したが、本発明の適用範囲がこれに限られるものではなく、シングルウエハステージタイプの露光装置にも本発明は好適に適用できる。

【0147】露光装置の用途としては半導体製造用の露光装置に限定されることなく、例えば、角型のガラスプレートに液晶表示素子パターンを転写する液晶用の露光装置や、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン及び DNA チップなどを製造するための露光装置にも広く適用できる。また、半導体素子などのマイクロデバイスだけでなく、光露光装置、EUV 露光装置、X 線露光装置、及び電子線露光装置などで使用されるレチクル又はマスクを製造するために、ガラス基板又はシリコンウエハなどに回路パターンを転写する露光装置にも本発明を適用でき

る。

【0148】また、DFB 半導体レーザ又はファイバーレーザから発振される赤外域、又は可視域の単一波長レーザ光を、例えばエルビウム (又はエルビウムとイッテルビウムの両方) がドープされたファイバーアンプで増幅し、非線形光学結晶を用いて紫外光に波長変換した高調波を用いても良い。また、投影光学系の倍率は縮小系のみならず等倍および拡大系のいずれでも良い。

【0149】《デバイス製造方法》次に上述の露光装置をリソグラフィ工程で使用するデバイスの製造方法の実施形態について説明する。

【0150】図 10 には、デバイス (IC や LSI 等の半導体チップ、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等) の製造例のフローチャートが示されている。図 10 に示されるように、まず、ステップ 201 (設計ステップ) において、デバイスの機能・性能設計 (例えば、半導体デバイスの回路設計等) を行い、その機能を実現するためのパターン設計を行う。引き続き、ステップ 202 (マスク製作ステップ) において、設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。一方、ステップ 203 (ウエハ製造ステップ) において、シリコン等の材料を用いてウエハを製造する。

【0151】次に、ステップ 204 (ウエハ処理ステップ) において、ステップ 201～ステップ 203 で用意したマスクとウエハを使用して、後述するように、リソグラフィ技術等によってウエハ上に実際の回路等を形成する。次いで、ステップ 205 (デバイス組立てステップ) において、ステップ 204 で処理されたウエハを用いてデバイス組立てを行う。このステップ 205 には、ダイシング工程、ボンディング工程、及びパッケージング工程 (チップ封入) 等の工程が必要に応じて含まれる。

【0152】最後に、ステップ 206 (検査ステップ) において、ステップ 205 で作成されたデバイスの動作確認テスト、耐久テスト等の検査を行う。こうした工程を経た後にデバイスが完成し、これが出荷される。

【0153】図 11 には、半導体デバイスにおける、上記ステップ 204 の詳細なフロー例が示されている。図 11 において、ステップ 211 (酸化ステップ) においてはウエハの表面を酸化させる。ステップ 212 (CVD ステップ) においてはウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ 213 (電極形成ステップ) においてはウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ 214 (イオン打ち込みステップ) においてはウエハにイオンを打ち込む。以上のステップ 211～ステップ 214 それぞれは、ウエハ処理の各段階の前処理工程を構成しており、各段階において必要な処理に応じて選択されて実行される。

【0154】ウエハプロセスの各段階において、上述の前処理工程が終了すると、以下のようにして後処理工程

が実行される。この後処理工程では、まず、ステップ 215 (レジスト形成ステップ) において、ウエハに感光剤を塗布する。引き続き、ステップ 216 (露光ステップ) において、上で説明したリソグラフィシステム (露光装置) 及び露光方法によってマスクの回路パターンをウエハに転写する。次に、ステップ 217 (現像ステップ) においては露光されたウエハを現像し、ステップ 218 (エッチングステップ) において、レジストが残存している部分以外の部分の露出部材をエッチングにより取り去る。そして、ステップ 219 (レジスト除去ステップ) において、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。

【0155】これらの前処理工程と後処理工程とを繰り返し行うことによって、ウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

【0156】以上説明した本実施形態のデバイス製造方法を用いれば、露光工程 (ステップ 216) において上記実施形態の露光装置が用いられるので、高スループットでレチクルとウエハとの位置合わせ精度の良好な露光が行われる。従って、微細パターンが形成された高集積度のマイクロデバイスの生産性を向上することができる。

【0157】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のステージ装置によれば、高加速度化による重量増加を低減し、ステージの駆動を効率良く行うことができるという効果がある。

【0158】本発明の露光装置によれば、高スループットで走査露光を行うことができるという効果がある。

【0159】本発明のデバイス製造方法によれば、微細パターンが形成された高集積度のマイクロデバイスの生産性を向上することができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】第 1 の実施形態に係る露光装置の全体構成を一部断面して概略的に示す図である。

【図 2】図 1 の投影光学系支持部材の近傍を拡大して示す図である。

【図 3】レチクルステージ及びその近傍を示す斜視図である。

【図 4】図 4 (A) はボイスコイルモータの構成を説明するための図であり、図 4 (B) は、ガスフロー装置の構成を説明するための図である。

【図 5】第 1 の実施形態に係る露光装置の制御系を示す図である。

【図 6】図 6 (A) ~ 図 6 (C) は、レチクルステージの加速移動時、等速同期移動時、減速移動時のボイスコイルモータ及びガスフロー装置の状態を説明するための図である。

【図 7】図 7 (A) は、レチクル粗動ステージの加速度の変化を示す図であり、図 7 (B) は、レチクル粗動ステージの速度の変化を示す図である。

【図 8】E I コア装置を一部断面して示す斜視図である。

【図 9】図 9 (A) ~ 図 9 (C) は、第 2 の実施形態に係るレチクルステージの加速移動時、等速同期移動時、減速移動時のボイスコイルモータ及び E I コア装置の状態を説明するための図である。

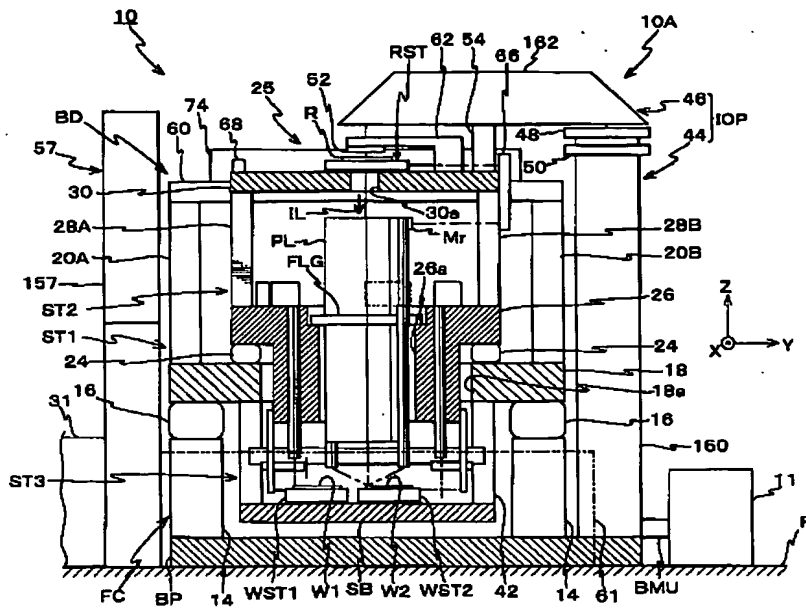
【図 10】本発明に係るデバイス製造方法を説明するためのフローチャートである。

【図 11】図 10 のステップ 204 の具体例を示すフローチャートである。

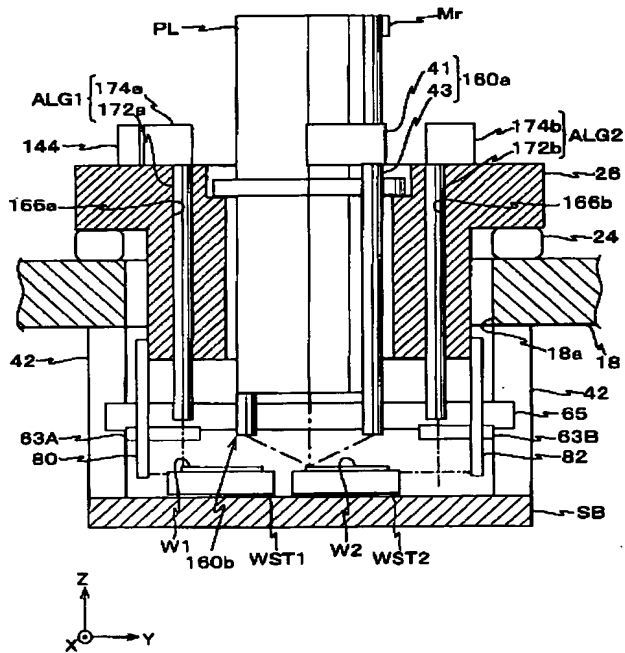
【符号の説明】

10…露光装置、32…レチクル微動ステージ (第 2 ステージ)、34…レチクル粗動ステージ (第 1 ステージ)、66 Y₁, 66 Y₂, 66 X…レチクル干渉計 (位置計測装置)、69…Y 軸リニアモータ (第 1 駆動装置)、71 A ~ 71 C…ボイスコイルモータ (第 2 駆動装置)、73…ガスフロー装置 (推力発生装置)、73'…E I コア装置 (推力発生装置)、75 A'…電磁石ユニット、75 B'…磁性体ユニット、79 A, 79 B…気体噴出機構 (第 2 部材)、79 A', 79 B'…電磁石 (第 2 部材、電磁石ユニットの一部)、81…板状部材 (第 1 部材)、81'…鉄板 (第 1 部材、磁性体)、99…主制御装置 (駆動制御装置、制御装置)、R…レチクル (マスク、物体)、W1, W2…ウエハ (基板、物体)、WST1, WST2…ウエハステージ (第 3 ステージ)。

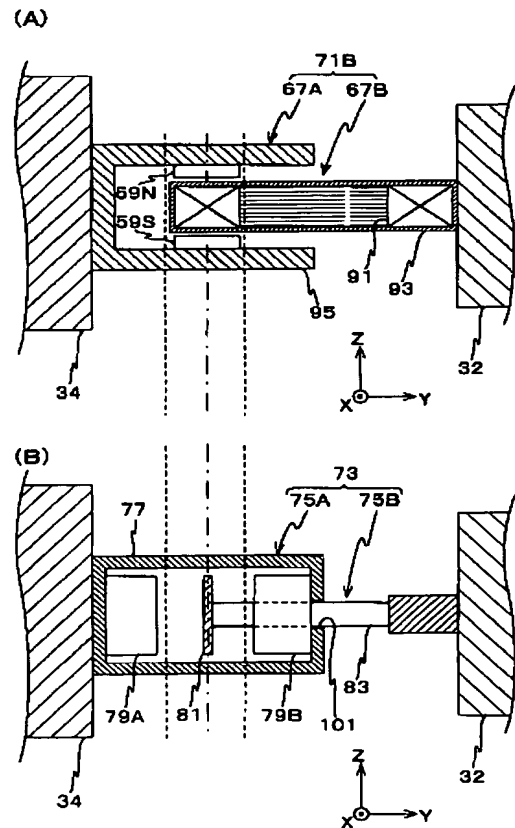
【図 1】



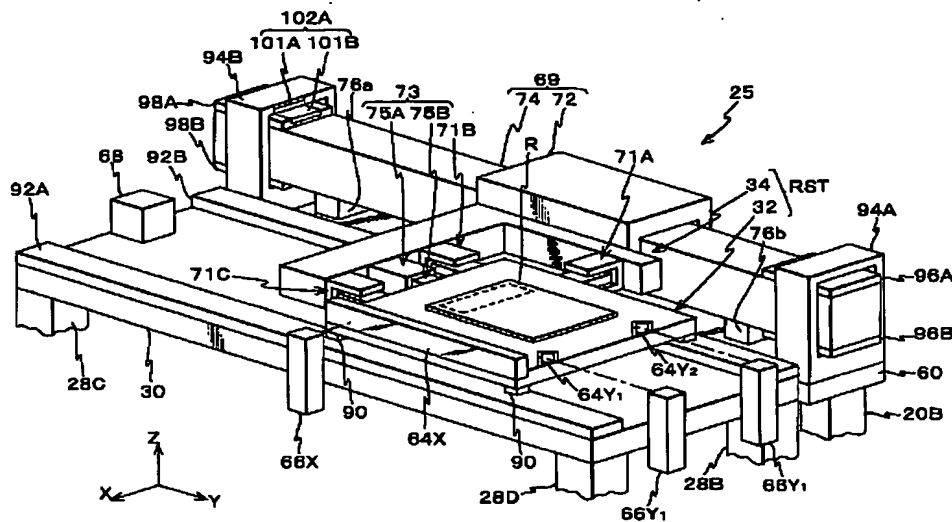
【図 2】



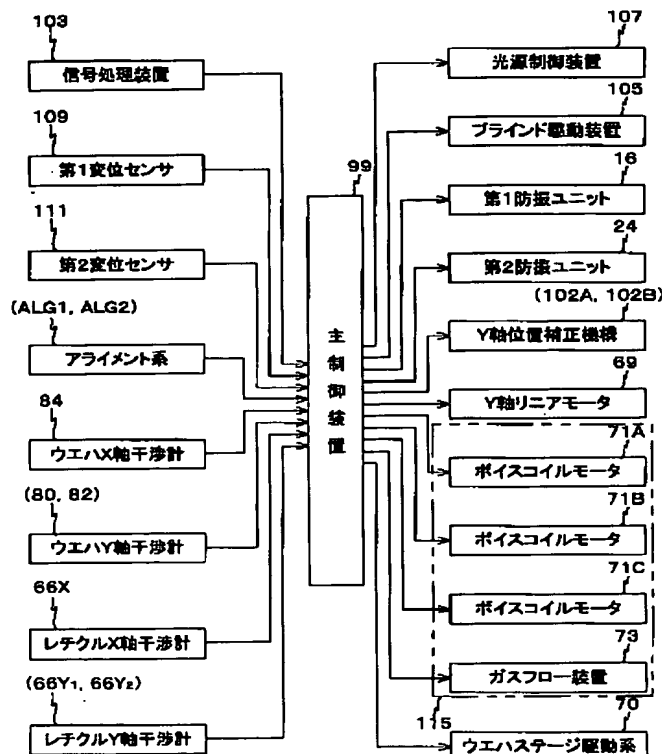
【図 4】



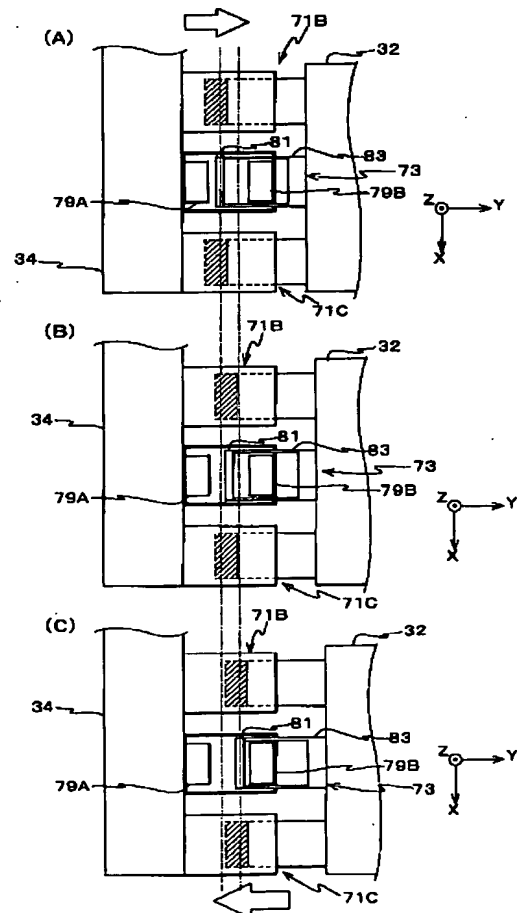
【図 3】



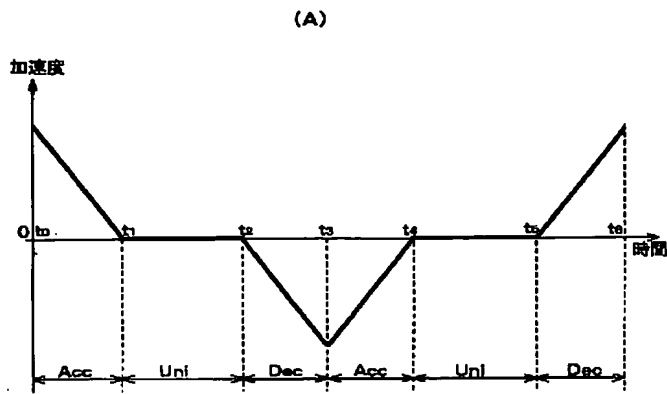
【図 5】



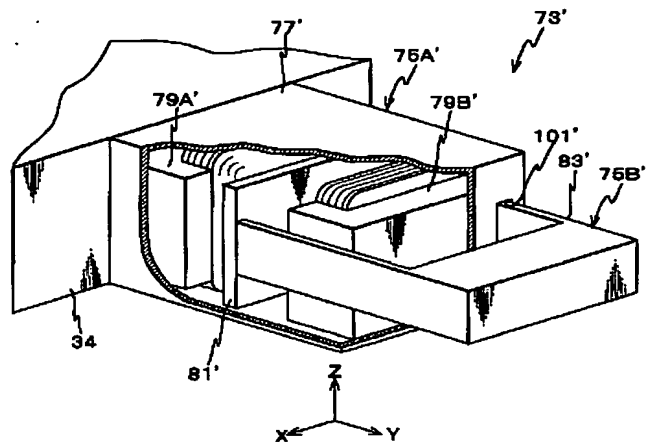
【図 6】



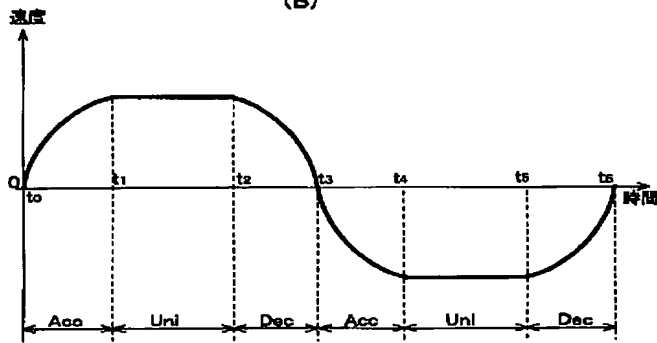
【図 7】



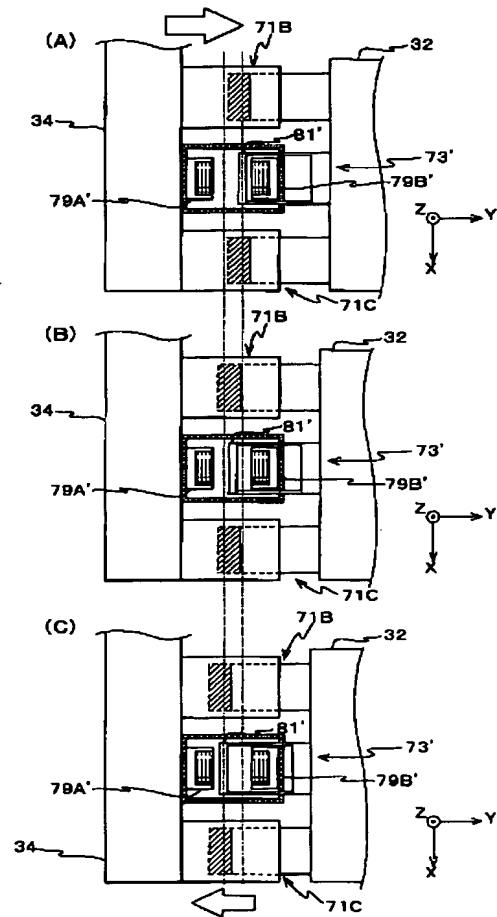
【図 8】



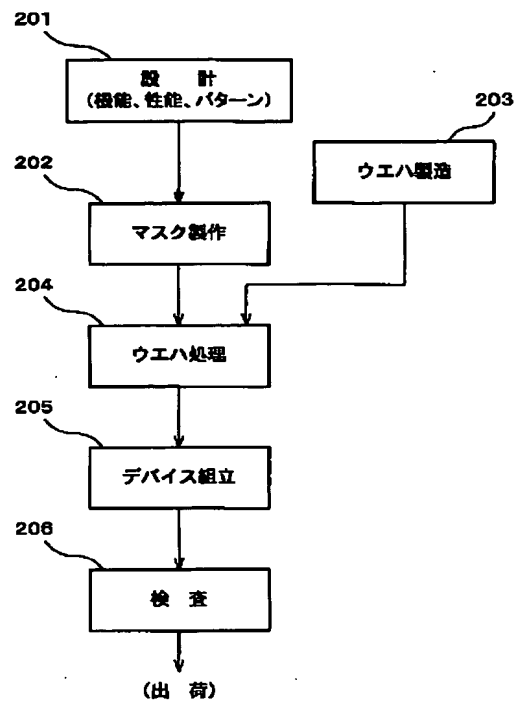
(B)



【図 9】



【図10】



【図11】

